

衝撃弾性波法によるコンクリート内部欠陥の充填補修に関する検討

コサカ技研 正会員 ○小比類巻 国臣
コサカ技研 正会員 小坂 明
西村産業 向井 秋男
iTECS 協会 正会員 極檀 邦夫

1. はじめに

表面にジャンカが見つかり内部にもジャンカや空洞がある可能性が指摘されるが、内部欠陥の深さや広がりを知る実用的な調査方法がないため手探りで充填していることが多い。また、充填により内部の空洞が完全に消滅したかを調べる方法の要請があった。

そこで、バイブレータの締め固め回数を少なくし微小空隙の多い供試体を製作した。微小空隙の有無による影響を調べるため、充填材を注入する前後で比較した。

(1) 供試体の微小空隙によって厚さ測定値が影響を受けると考えられる。微小空隙が無い場合は、厚さに依存する多重反射の定常波に成立する。微小空隙があると定常波の基本波形に高調波成分が混入すると推測されるので高調波成分を加算し、微小空隙領域を推定した。充填の前後で速度波形と厚さスペクトログラムを比較した。

(2) 微小空隙があると、透過縦弾性波速度が遅くなると推測されるので充填の前後で比較した。

2. 実験内容

実験に用いた供試体は 1200mm × 1500mm × 450mm、設計強度 24MPa である。測定装置 (iTECS-5) の厚さ測定時のサンプリングクロックは $10\mu s$ 、データ数は 1000 である。インパクターの鋼球サイズは $\phi 20mm$ で、センサーは PCB 加速度計である。供試体厚さの測定では、5cm 間隔の格子状に測点を設け、鋼球と加速度計の間隔は 10cm とした。

iTECS 法での厚さは、厚さ = 弾性波速度 ÷ (2 × 固有周波数) により算出するが、コンクリート板の内部に欠陥 (空洞、空隙) が存在しないこと、鋼球打撃によって生じられた縦弾性波が背面から反射して、多重反射が生じることが条件である。

鋼球サイズが小さくなると入力波長が短くなる、あるいは、コンクリートに空隙が多くなることによって

高調波成分が生成され、「厚さ」と「内部欠陥」の判別が難しくなる可能性があることがわかっている。

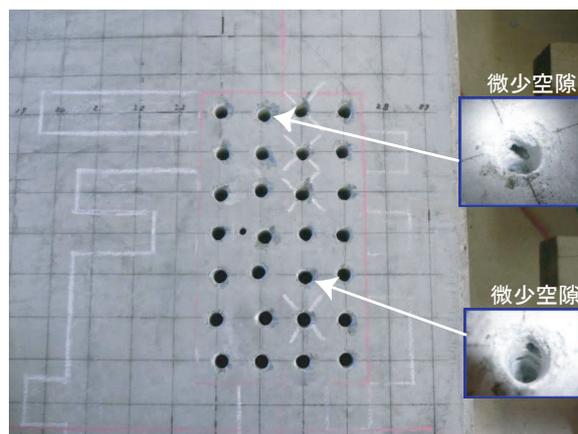


図-1 充填注入孔と微小空隙

高調波成分の厚さスペクトルを加算して、微小空隙領域を推定した。微小空隙領域に 5cm 間隔に 28 点の充填材注入孔を開けた。ドリル深さ 100mm ごとにコンクリート内部の微小空隙が連結しているかをエアコンプレッサーで確認して、深さ 300mm まで穿孔した。

図-1 にドリルで穿孔した充填材注入孔とそのときに観察された微小空隙を示す。微小空隙の充填は、ボンドシリンダー工法で行い、注入材は低粘度の E206 を使用した。

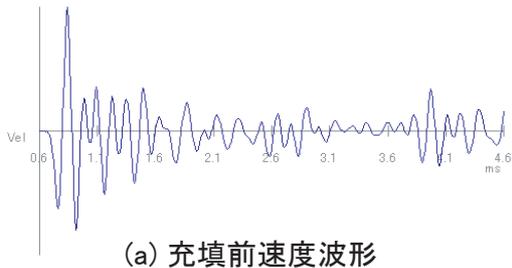
岩石では間隙率が大きくなると透過縦弾性波速度は低下することが分かっている。透過縦弾性波速度は、側面に表面から 5cm、15cm、25cm、35cm に測定線を設け 5cm 間隔で測定した。片面をインパルスハンマーで打撃し、反対側に加速度計を設置して波形から伝播時間を読み取り、縦弾性波速度 = 供試体の長さ ÷ 伝播時間とした。透過縦弾性波速度のサンプリングクロック $0.5\mu s$ 、データ数は 4000 である。

3 実験結果および考察

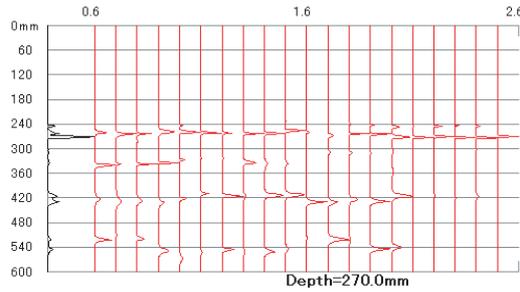
3.1 厚さ測定による検討

図-2 に充填材注入前後の速度波形とスペクトログラムを示した。スペクトログラムは、建築ではランニングスペクトルと呼ばれるもので、時間の経過につれ

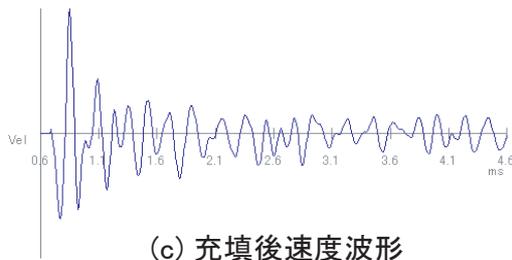
て測定波形がどのように変動しているかを調べることができる。



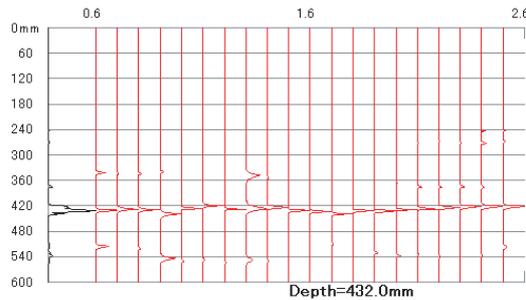
(a) 充填前速度波形



(b) 充填前スペクトログラム



(c) 充填後速度波形



(d) 充填後スペクトログラム

図-2 充填前後の速度波形とスペクトログラム

充填材を注入する前の速度波形 (a) の振幅に着目すると、減衰した波形が途中から大きくなっている。スペクトログラム (b) は、安定した厚さスペクトルを示さず、複数の厚さスペクトルが現れ内部に問題があることを示唆している。

縦弾性波速度 V は、弾性係数 E ÷ 密度 ρ の平方根 ($V = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$) である。伝播するときの抵抗インピーダンス Z は、弾性係数 E × 密度 ρ の平方根 ($Z = \sqrt{E \cdot \rho}$) である。微小空隙が弾性波速度とインピーダンスに影響していると推量されるが、影響の度合いまでは算

定できなかった。

また、複数の厚さスペクトルが現れるのは、複数の周波数が存在するためである。これは、コンクリート内部の複数の音響境界面（空隙）によって、反射、回折、散乱し複雑な複合波形に変貌するためと推量される。充填剤注入後の速度波形 (c) の振幅は正常に減衰している。スペクトログラム (d) は、安定した一定の厚さスペクトルとなり、実寸 450mm に近い 432mm の厚さが計測されている。

3.2 透過縦弾性波速度による検討

側面に表面から 5cm, 15cm, 25cm, 35cm に測定線を設けて測定した透過縦弾性波速度を図-3 に示した。記号の白抜きは充填前を、充填後は塗りつぶして表示した。

表面近傍の深さ 5cm の充填前の透過縦弾性波速度は 4274m/s である。深さ 15cm, 25cm は 4441m/s とやや速度が速くなり、増加の割合は 104% である。これは深い位置の弾性波は拘束された状態で、弾性波が伝播してゆくためと考えられる。拘束がない棒状の弾性波速度 $V_l = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$ であるが、拘束があると $V_p = \sqrt{\frac{E(1-\nu)}{\rho(1+\nu)(1-2\nu)}}$ となる。また、充填前の透過縦弾性波速度に比較すると、充填後は 104% と増加し充填材が微小空隙を減少させた効果が認められた。

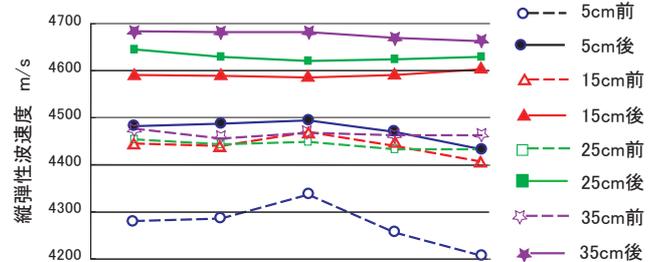


図-3 充填前後の透過縦弾性波速の変化

4. まとめ

微小空隙のある供試体を対象に、充填材注入の前後を比較した結果は次のとおりである。

(1) 微小空隙がある場合は、時間経過につれて厚さスペクトルが複数個出現して実寸厚さを計測することは困難である。充填材を注入すると、厚さスペクトルは安定した定常値となりほぼ実寸が計測される。

(2) 微小空隙がある場合の透過縦弾性波速度よりも充填後の透過縦弾性波速度は平均 104% 速くなった。また、表面近傍の透過縦弾性波速度 4274m/s に比較して深い位置の速度は 4441m/s(104%) と速くなった。